

Н. И. Горбачевский, А. Г. Сорокин, Е. Ю. Панцева

ВЫБОР ЧАСТОТЫ ТОКА ИНДУКТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССЫ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ

Ключевые слова: частота, индуктор, пластмасса.

Рассматривается оригинальный способ индукционного нагрева неэлектропроводных материалов, а именно – пластмассы. Обоснован выбор частоты тока при индукционном нагреве пластмассы.

Keywords: frequency inductor plastic

Considered genuine induction heating method nonconductive material - namely plastic. The choice of the frequency of the current in induction heating plastic.

Сегодня уровень мировой экономики и экономики отдельных стран все в большей мере зависит от уровня развития производства и применения полимерных материалов. Изделия из пластмассы, все более широко применяются в таких областях промышленности как, автомобильная, аэрокосмическая, судоходная, электротехническая, сельского хозяйства, а также строительной отрасли.

Технология переработки полимеров охватывает процессы и оборудование, предназначенные для улучшения полезных свойств полимеров и превращения их в готовые изделия. При переработке материал подвергается деформированию, в нем могут происходить химические реакции, а также необратимые изменения физических свойств. Сюда не относятся химические реакции, протекающие при синтезе полимеров. Примерами типичных методов переработки полимеров являются литье под давлением, каландрование и экструзия. При литье под давлением, которое является одним из ведущих методов переработки полимеров, наблюдается лишь течение материала без изменений его физических и химических свойств. Это относится также и к таким методам, как формование изделий из листовых материалов, экструзия и смешение расплавов полимеров [1].

Исследуемая в работе конструкция гидравлической литьевой машины схематично представлена на рис.1. Из приемного бункера (3) сырье (7) попадает в цилиндр пластикации (2) и посредством вращения шнека (6) равномерно распределяется по его длине. Двигатель (1) приводит во вращение шнек. Нагрев цилиндра и шнека производится с помощью индуктора (4), далее с помощью шнека расплавленный материал через сопло выливается в пресс – форму штамповочного устройства (5). Управление системы осуществляется с помощью рабочей станции (8).

Самым ответственным моментом технологии производства изделий из пластмассы методом литья является нагрев полимерного материала до фиксированной температуры. Для получения качественного продукта необходимо соблюдать рабочую температуру, так как перегрев ведет к потере эластичных свойств и невозможности проводить литье.

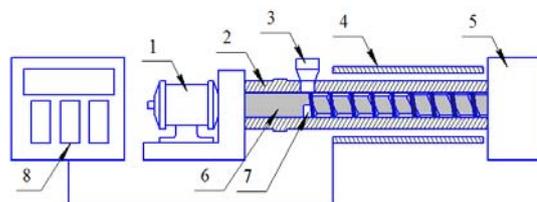


Рис. 1 - Схема системы индукционного нагрева для производства пластмассы

Для нашего случая выбираем схема, при которой индуктор (4) охватывает цилиндр пластикации (2) и находящихся в нем полимерного материала (7) и шнека (6). Она проста в исполнении и имеет относительно небольшие габариты рис. 2.

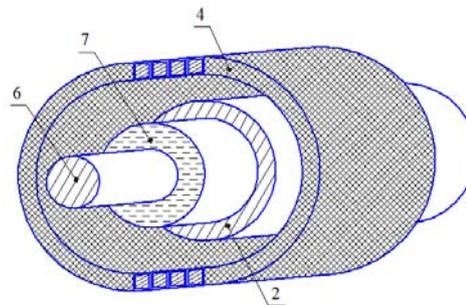


Рис. 2 - Общий вид теплообменного аппарата

Наиболее эффективным является нагрев полимерного материала одновременно от стенок цилиндра пластикации и шнека. Здесь на первое место встает задача выбора частоты тока, при которой вихревые токи будут наводиться не только в цилиндре, но и в шнеке. Частота, кроме указанного обстоятельства, определяет выбор источника питания и другого оборудования системы индукционного нагрева, т.е. определяет стоимость всей установки. В связи с этим, именно частоту необходимо рассматривать в качестве оптимизируемого параметра. Задача оптимизации ставится следующим образом: для заданных геометрических параметров и электрофизических характеристик цилиндра пластикации и шнека найти частоту источника питания, которая позволит участвовать в процессе нагрева как цилиндру пластикации, так и шнеку.

В основу метода оптимизации параметров индукционного нагревателя положена процедура зондирования пространства параметров проектируемой установки, в соответствии с которой выбор оптимального решения осуществлялся из набора альтернативных вариантов проектных решений, полученных с помощью аппарата Парето – предпочтений.

В практических ситуациях диапазон частот задается в виде ряда дискретно расположенных интервалов или набора дискретных значений частот, что обусловлено ограниченными возможностями преобразователей частоты. При использовании источника питания с фиксированной, неизменяемой в ходе процесса частотой тока важным элементом проблемы оптимального проектирования системы индукционного нагрева становится задача выбора ее оптимальной величины. В качестве критериев оптимизации рассматривается глубина проникновения тока и электрический коэффициент полезного действия индуктора. Частота варьировалась в пределах 50 – 10000 Гц. Для анализа влияния частоты на электрические параметры индуктора и выбора оптимального значения использовались аналитические зависимости, приведенные в монографии [2, 3]. Выбор частоты зависит от электрофизических свойств материала, из которого выполнен цилиндр, и размеров цилиндра. Минимальная толщина стенки цилиндра определяется требованиями к механической прочности конструкции, работающей при высоких давлениях, и увеличение толщины стенки ведет к увеличению массогабаритных показателей. В связи с этим становится нецелесообразным варьировать толщину стенки цилиндра с целью получить требуемое распределение мощности.

Обеспечить максимальный КПД можно соответствующим выбором частоты тока индуктора. Зависимость электрического КПД от частоты довольно сложна и определяется параметрами нагреваемой детали и ее состоянием. Для тел круглого сечения КПД обычно растет с повышением частоты, стремясь к предельному значению. Для полых цилиндров существует оптимальная частота, при которой КПД максимален [4]. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты исследования

| | | | | | |
|----------------|-------|--------|-------|-------|--------|
| f , Гц | 50 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Δ , м | 0,03 | 0,009 | 0,007 | 0,005 | 0,0045 |
| η | 0,602 | 0,653 | 0,65 | 0,669 | 0,662 |
| $\cos \varphi$ | 0,549 | 0,471 | 0,419 | 0,392 | 0,361 |
| f , Гц | 2400 | 3000 | 5000 | 10000 | |
| Δ , м | 0,004 | 0,0035 | 0,003 | 0,002 | |
| η | 0,672 | 0,667 | 0,666 | 0,701 | |
| $\cos \varphi$ | 0,349 | 0,325 | 0,276 | 0,203 | |

Анализируя полученные результаты делаем вывод: на частоте 50 Гц глубина проникновения тока значительно больше, чем толщина стенки цилиндра. Это означает, что часть энергии выделяется в шнеке и появляется возможность нагрева полимерного материала с двух сторон. Но в то же время на частоте 50 Гц величина КПД минимальна. Повышение частоты неизбежно приводит к понижению $\cos \varphi$.

Поэтому, учитывая ряд конструктивных требований к индукционной системе, в частности, минимизацию размеров индуктора и условия согласования параметров индуктора с источником питания, в качестве рабочей следует выбрать частоту $f = 50$ Гц.

Литература

1. Бернхардт Э. Переработка термопластичных материалов. М., Госхимиздат, 1962. – 747с.
2. Слухоцкий А.Е., Немков В.С. Установки индукционного нагрева -Л.: Энергоиздат, 1981. – 328 с.
3. Шамов А.Н., Бодажков В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок - М. Машиностроение, 1974. – 280 с.
4. Сорокин А.Г. Частота тока индуктора при производстве пластмассы методом литья [Текст]//Л.С. Зимин// Вестн. Самар. Гос. Техн. Ун-та. Сер. Техн. Науки. – 2011. Вып. №1(29) – с. 166-169.
5. Тумаева Е.В. Подобие оптимальных зависимостей токов в синхронном двигателе с электромагнитным возбуждением на базе теории обобщенной машины. – Вестник Казанского технол. ун-та. - №2, Т.16, с. 158-159.
6. Амирова С.С. Абдурагимов Р.А., Исаев А.А. Совершенствование управления энергосбережением цеха 2104 завода «Этилен». - Вестник Казанского технол. ун-та. - №2, Т.16, с. 180-181

© **Н. И. Горбачевский** – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой электротехники и энергообеспечения предприятий НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ», aer-nk@mail.ru; **А. Г. Сорокин** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины» Сызранского филиала ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», gprepodkse@yandex.ru; **Е. Ю. Панцева** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины» Сызранского филиала ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», кандидат педагогических наук, gprepodkse@yandex.ru.